

小型間接熱量計による食後座位安静状態での エネルギー消費量測定方法の検討

森川 希*・中川靖枝**

* 食生活科学科 公衆栄養学研究室 ** 食生活科学科 栄養教育研究室

Acceptability of measurement of resting energy expenditure using a new device with
mouthpiece in young women

Nozomi MORIKAWA, Yasue NAKAGAWA

Department of Food and Health Sciences, Jissen Women's University

The aim of this study was to assess the acceptability of short-time measurement using a new breath-by-breath indirect calorimetry with mouthpiece method, under conditions that are close to those of daily living.

Sixty-three female students who were studying nutrition participated in this study.

All participants had previously, measured their energy expenditure using breath-by-breath indirect calorimetry (Aeroman medical®, Global Micronics Corporation) with mouthpiece (BB) and Douglas bag with face mask (DB) in a practical class. The measurements (2 sessions) were performed with the subjects in seated positions under non-fasting conditions. After all measurements were completed, they were asked to respond to a self-administered questionnaire related to the acceptability of each method.

The measurement values of the BB method significantly correlated with those of the DB method. The short-time measurement of energy expenditure in resting condition moderately reflected the individual BMR of the young women in our study. Participants found the BB method to be easier to wear than the DB method, both as a subject and as a dietitian. The BB method was also found to be more comfortable to wear than the DB method for the subjects. From the dietitians' standpoint, respondents were significantly more satisfied with the BB's usability of the measurement procedure.

Key words : resting energy expenditure (安静時エネルギー消費量), Indirect calorimeter (間接熱量計),
breath-by-breath measurement (プレス・バイ・プレス法), acceptability (有用性)

1. 諸言

栄養士・管理栄養士が人々の栄養管理を適切に遂行するためには、様々な目的に応じた栄養評価法とその活用について精通する必要がある。中でも、適切な食生活と身体活動によって適性体重を維持することは、日本人の主要な生活習慣病や低栄養状態を予防するための基本事項であり、全てのライフステージを通じての健康課題となっている。

体重（体格）管理のための生活習慣改善を勧める際には、エネルギー代謝の概念に基づき、食事による摂取と身体活動による消費の両面からアプローチを行う。健康な人々においては「日本人の食事摂取基準

(2015 年版)」¹⁾に基づき、摂取エネルギーと消費エネルギーの収支バランスの結果としての体重及び BMI によってエネルギーの過不足を判断する。また、2008 年より開始された特定健康診査・特定保健指導においては、内臓脂肪減少による健康指標の改善を目的としており、食事・身体活動によるエネルギー収支バランスの改善を主軸にした保健指導が行われる²⁾

日本栄養改善学会より提案された管理栄養士養成課程におけるモデルコアカリキュラム 2015³⁾では、エネルギー代謝に関連する箇所として、IV. 専門基礎科目の中項目「4. 栄養素等のはたらきを理解する」の中で、「生体の利用エネルギー、エネルギー消費量の

測定法、エネルギー出納について説明できる」「呼吸ガス分析による安静時代謝量、作業時代謝量の測定方法を説明できる」ことが到達目標に掲げられている。さらに、V. 実践専門科目の中項目「1. 栄養管理について学ぶ」の食事摂取基準に関する到達目標として基礎代謝量 (basal metabolic rate; BMR)、身体活動レベル (physical activity level; PAL) 及び推定エネルギー必要量 (estimated energy requirement; EER) について説明できる」ことも挙げられている。

本学の実習においては、古典的なダグラスバッグ法 (以下 DB 法) による安静時及び活動時エネルギー代謝量の測定を長年実施している。DB 法は、ダグラスバッグと呼ばれる袋を装着し呼吸を採集し、酸素濃度、二酸化炭素濃度と呼吸量を分析し、エネルギー代謝量を算出する方法である。この方法は、ダグラスバッグを装着できる状況であればある程度の自由行動下で測定可能であること、一定時間内の呼吸量を目視でき分析過程を理解しやすいという教育的な利点がある。その反面、呼吸成分と容量の分析に別途機材が必要であり、それらの保管管理や、マスクやバッグ等の測定器具類の着脱はやや煩雑である。

一方、プレス・バイ・プレス (以下 BB) 法は、1 回の呼吸ごとに酸素摂取量、二酸化炭素排泄量、換気量を計測する。測定機器は通常、呼吸ユニットと測定モジュールが分析用コンピュータと連結されており、採気と呼吸分析は同時に実施され、比較的短時間でエネルギー消費量まで算出できる。近年は携帯可能な小型機器も開発されており、運動負荷試験、個人・集団のエネルギー補給量の算出や、生活習慣病予防分野での活用が期待されている⁴⁻⁷⁾。これらの中で、健康づくりや生活習慣病予防を目的とする場合、主に対象となるのは日常生活を営む健康者である。しかしながら、食事条件の統一や安静状態の確保が困難な状況下での測定値の妥当性や、被測定者の負担を含めた実用性についてはあまり検証されていない。

本研究では、小型の間接熱量計を用い、日常生活下に近い条件である非絶食・座位安静状態でのエネルギー消費量の評価の意義を検証するため、ダグラスバッグ法による同条件下の測定値及び基礎代謝基準値から検証を試みた。さらに、実用性の観点から、各測定法の操作性や器具の装着感についても調査した。

2. 方法

2-1. 対象者

本学食生活科学科管理栄養士専攻 3 年次生を対象とした。対象者の背景は表 1 のとおりである。研究についての説明後、20-22 歳の 74 名より研究参加への同意を得られた。このうち、10 名は研究の全行程に参加できず、1 名は測定日に発熱したため対象者より除外され、残りの 63 名が研究参加者となった。

2-2. 研究デザイン

エネルギー消費量の測定は、DB 法、BB 法の各々について、同日に 1 回ずつ行い、約 4 週間の間隔を空けて再度測定した。

測定日実施日には、対象者は共通の昼食 (525kcal: PFC 比; たんぱく質 12.5% 脂質 21.4%; 炭水化物 63.7%) を提供された。食後、測定に関する説明を受けながら、座位で安静に過ごした。その後、食後 90-240 分の範囲内で DB 法、BB 法による測定を各 1 回ずつ実施した。各対象者において、4 週後の再測定は同じ順序で行った。各法 2 回ずつの測定がすべて終了した後に、操作性や器具の装着感について、自記式質問紙調査票で調査した。

測定は 2014 年 5 月から 6 月にかけて実施した。測定時の室温は摂氏 22-25℃ の範囲を維持するよう管理した。

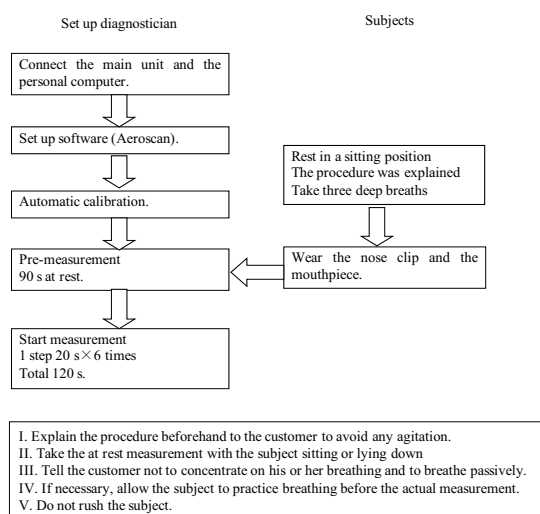


図 1 プレス・バイ・プレス間接熱量計 (Aeroman Medical) の測定手順

2-3. プレス・パイ・プレス法による測定

測定機器は、グローバルマイクロニクス社製エアロマンメディカルを用いた。本体はガス分析ユニットと呼吸ユニットから構成され、測定モジュールは、ジルコニア酸素センサと、超音波流量計からなる。酸素濃度は、加熱された固体電解質（ジルコニウム）により電気化学的に検出され、超音波センサは、呼気の実質量及び流量を計測し、二酸化炭素濃度と換気量を同時に計測する。エネルギー消費量は、以下の Weir⁸⁾ の式で計算される。

エネルギー消費量(kcal) = $3.9 \times \text{VO}_2 + 1.1 \times \text{VCO}_2$

VO₂ : 酸素摂取量(ml/min)

VCO₂ : 二酸化炭素排泄量(ml/min)

測定機器 2 台を用い、2 人ずつ同時に実施した。測定手順はエアロマンメディカルの測定手順書に従った(図 1)⁹⁾。

各被験者は 3 回深呼吸を行ってから、ノーズクリップを装着し、呼吸ユニットのマウスピースを咥えた。被験者が安静状態であるかはソフトウェアが自動的に認識する。この事前測定は、対象 1 人あたり約 90 秒である。安静確認のための測定が完了すると、本測定が開始される。本測定が開始されると、一呼吸毎に分析が行われ、20 秒毎に分析値の平均が算出される。その間、測定実施者・被測定者はコンピュータ上で呼吸分時拍出量 (VE)、酸素摂取量 (VO₂)、二酸化炭素排出量 (VCO₂) をモニタリング可能であるが、被測定者においては、呼吸を過度に意識することを避けるため、被測定者の側からはディスプレイが見えないように配置した。

予備試験より、被験者の負担とならない測定時間と、安定したデータを得るための計測値の処理方法を検討した。その結果、本研究では、1 人あたり 120 秒間計測を行うこととし、各被験者において得られた全 6 計測値については、計測エラー値及び最大計測値・最小計測値を除外した平均値を算出し、分析対象とすることとした。

2-4. ダグラスバッグ法による測定

250 リットルダグラスバッグに 2 方活栓 DBV-32 (Arco System, Inc., Chiba, Japan) を接続して用いた。

測定前にはマスクと蛇管を接続した状態で装着し、呼吸漏れのないことを都度確認した。

座位安静状態での呼気ガスを採集は 10 分間とした。VO₂、VCO₂ 濃度はポータブルガスモニター AR-1 (Arco System, Inc.) で分析、呼気量は乾式ガスメータ DC-5A (Shinagawa Co., Ltd., Tokyo, Japan) で測定した。エネルギー消費量は、BB 法と同様に Weir の式により算出した。

2-5. 推定基礎代謝量と予測値との比較

基礎代謝量 (BMR) の予測値は、日本人の食事摂取基準¹⁾ の基礎代謝基準値を用いて算出した。基礎代謝基準値は、早朝空腹時に 30 分以上仰臥安静にさせた後に測定された報告をもとに策定されている。本研究の測定条件である非絶食、座位安静時すなわち食事誘発性熱産生と姿勢保持のエネルギーを加味した測定値については、BMR の予測値より約 20% 高いとの報告¹⁰⁾ があるため、本研究では 1.2 で除した安静時エネルギー消費量を推定 BMR と定義した。これを、日本人の基礎代謝基準値 (kcal/kg/day)¹⁾ に各被験者の体重を乗じた基礎代謝量予測値と比較した。

2-6. 装着感、実用性に関する質問紙調査

DB 法、BB 法による測定について、被測定者の立場からみた装着感と簡便性、呼吸のしやすさに関する項目、測定者の立場からみた簡便性と栄養指導業務内での活用の実施可能性についての質問紙調査を行った。

質問は全て固定回答形式とし、被験者としての装着感については機器全体と呼吸ユニット部分（マスク、マウスピース）各々について非常に快適・やや快適・やや不快・非常に不快の 4 段階、呼吸については非常に楽・やや楽・やや苦しい・非常に苦しいの 4 段階、測定器具の装着や測定簡便性は、被験者・測定者の双方の立場において、非常に簡単・やや簡単・やや難しい・非常に難しいの 4 段階とした。測定の実現可能性については、周辺機器類を含む備品の管理と、管理栄養士が業務中で単独で使用する状況をイメージし、可能・ある程度可能・やや難しい・不可能の 4 段階で回答してもらった。

2-7. 統計解析

DB 法と BB 法の換気量 (VE)、酸素摂取量 (VO₂)、

二酸化炭素排泄量 (VCO_2)、呼吸商 (RQ)、エネルギー消費量 (EE) (kg/hour, kcal/kg/day) の比較には paired t 検定及び相関分析を行った。装着感等に関する質問紙調査の結果は、4段階の回答を2群化した上で、McNemar 検定で比較した。統計解析には、SPSS version 21.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY) を用いた。

2-8. 倫理的配慮

本研究は、ヘルシンキ宣言に則り、実施にあたっては、実践女子大学生活科学部食生活科学科倫理委員会に承認を受けた。(通知番号 第 2012018 号)

3. 結果

対象者 63 名の背景は表 1 に示す。測定値のうち、1 分あたりの換気量が 3.0ml/未満の 3 名、10.0ml 以上の 2 名の計測値は外れ値として除外、また BB 法測定時のシステムエラーがあった 2 名、DB 法測定時の操作に誤りがあった 1 名の測定値も解析対象から除外した。

2 回の測定値の平均で比較すると、VE は DB 法が有意に高く、 VCO_2 、RQ 及び EE は BB 法が有意に高かった。EE (kcal/day) は、基礎代謝基準値による予測値より DB 法で 30%、BB 法で 36% 高かった (表 2)。DB 法と BB 法の各測定値はいずれも中程度の有意な相関が認められた。

また、基礎代謝基準値をもとに算出した基礎代謝

表 1 対象者 63 名の属性

| | |
|---------------------------|-------------|
| Age (years) | 20.1 ± 0.3 |
| Height (cm) | 159.3 ± 4.7 |
| Body weight (kg) | 53.8 ± 7.5 |
| BMI (kg/m ²) | 21.2 ± 2.5 |
| < 18.5 (n, %) | 7 (11.1) |
| 18.5-24.9 (n, %) | 49 (77.8) |
| ≥ 25 (n, %) | 7 (11.1) |
| BMR (kcal/day) | 1,185 ± 162 |
| Mean ± Standard deviation | |

量予測値との相関は、BB 法が比較的良好であった ($R=0.617$, $P<0.001$) (図 2)。

操作性や器具の装着感、測定の有用性についての質問紙調査の結果を表 3 に示す。装着感は、被験者が直接接触する部分 (マスクとマウスピース) に限定した質問と、装着器具全体に対する質問のいずれも BB 法で「やや不快」または「非常に不快」と答えた者が有意に少なかった。装着の簡便性、測定の簡便性も BB 法が有意に高い評価であった。一方、測定時に「自然な呼吸ができたか」においては、2つの方法に有意な差はなかった。

また、栄養士 (管理栄養士) として、エネルギー消費量の評価を実際に行うことを想定した結果 (表 4) では、測定器具の装着や測定の簡便性について難しい

表 2 ダグラスバッグ法、ブレス・バイ・ブレス法の測定結果

| | | Douglas bag | | Breath-by-breath | | P^* | r |
|--------------|---------------|-------------|-------|------------------|-------|--------|-------|
| | | Mean | SD | Mean | SD | | |
| VE | (l/min) | 6.10 | 1.09 | 5.80 | 1.16 | 0.044 | 0.510 |
| VO_2 | (l/min) | 0.22 | 0.03 | 0.22 | 0.03 | 0.303 | 0.355 |
| VCO_2 | (l/min) | 0.18 | 0.03 | 0.21 | 0.03 | <0.001 | 0.426 |
| RQ | | 0.84 | 0.04 | 0.90 | 0.09 | <0.001 | 0.382 |
| EE | (kcal/hour) | 63.6 | 8.9 | 66.5 | 7.9 | 0.021 | 0.428 |
| | (kcal/day) | 1526.9 | 214.0 | 1596.3 | 189.4 | 0.021 | 0.428 |
| | (kg/kcal/day) | 28.8 | 4.2 | 30.0 | 3.5 | 0.025 | 0.450 |
| EE/Japan-DRI | | 1.30 | 0.19 | 1.36 | 0.16 | 0.026 | 0.454 |

* Paired-t test

Correlation coefficient

Abbreviations: VE, Expired gas volumes; VO_2 , oxygen consumption; VCO_2 , carbon dioxide production; RQ, respiratory quotient; EE, energy expenditure; Japan-DRI, basal metabolic rate (kcal/kg/day) predicted using the Dietary Reference Intakes for Japanese (Japan-DRI) equation.

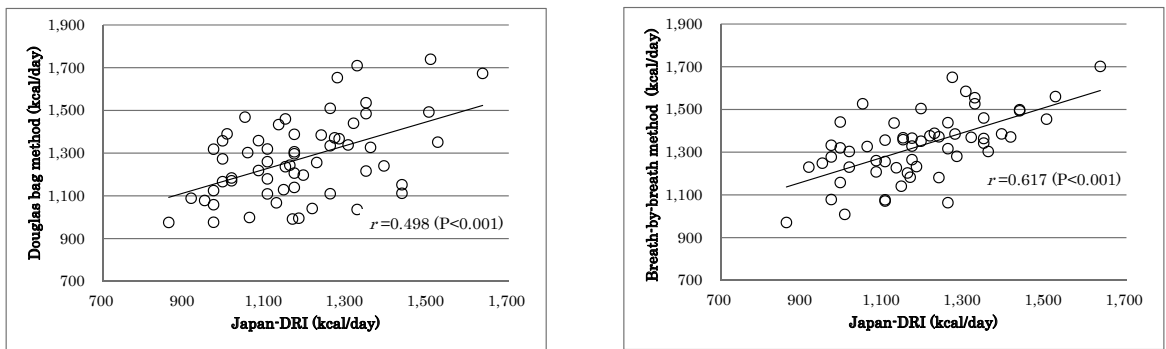


図2 実測値から推定した基礎代謝量と、基礎代謝基準値から求めた予測値との相関

と回答した者は BB 法が有意に少なかった。機器の管理、管理栄養士単独での測定実施の可能性については、DB 法と BB 法で有意な差はなく、いずれの手法においても、測定実施直後の段階で「可能」または「ある程度可能」と前向きな回答をした者が半数以上であった。

4. 考察

本研究では、近年開発された小型の間接熱量計を用い、日常生活下の条件に近い非絶食・座位安静状態で

のエネルギー消費量を評価する方法について、古典的な DB 法による同条件下での測定値及び基礎代謝量の予測値との比較検討を行った。その結果、BB 法でのエネルギー消費量の平均値は DB 法よりも高かった。また、DB 法、BB 法のいずれにおいても、基礎代謝基準値による予測値より平均で 30%以上高く、先行研究¹⁰⁾で報告されている 20%を大きく上回っていた。

また、絶食・仰臥安静状態の基礎代謝量の実測値と基礎代謝基準値による予測値を比較した研究を参照す

表3 測定実施に関する質問紙調査結果（被測定者の立場から）

| | | DB 法 | BB 法 | <i>P</i> * |
|---------------------|--------|------------|------------|------------|
| 装着感 (マスク、マウスピース) | 非常に快適 | 1 (1.6%) | 0 (0.0%) | 0.002 |
| | やや快適 | 6 (9.5%) | 20 (31.7%) | |
| | やや不快 | 36 (57.1%) | 40 (63.5%) | |
| | 非常に不快 | 20 (31.7%) | 3 (4.8%) | |
| 装着感 (機器全体) | 非常に快適 | 1 (1.6%) | 4 (6.3%) | <0.001 |
| | やや快適 | 12 (19.0%) | 31 (49.2%) | |
| | やや不快 | 43 (68.3%) | 26 (41.3%) | |
| | 非常に不快 | 7 (11.1%) | 2 (3.2%) | |
| 装着の簡便性 | 非常に簡単 | 4 (6.3%) | 34 (54.0%) | <0.001 |
| | やや簡単 | 24 (38.1%) | 22 (34.9%) | |
| | やや難しい | 32 (50.8%) | 7 (11.1%) | |
| | 非常に難しい | 3 (4.8%) | 0 (0.0%) | |
| 測定の簡便性 | 非常に簡単 | 3 (4.8%) | 22 (34.9%) | <0.001 |
| | やや簡単 | 26 (41.3%) | 28 (44.4%) | |
| | やや難しい | 32 (50.8%) | 12 (19.0%) | |
| | 非常に難しい | 2 (3.2%) | 1 (1.6%) | |
| 自然な呼吸ができるか | 非常に楽 | 4 (6.3%) | 4 (6.3%) | 0.136 |
| | やや楽 | 23 (36.5%) | 32 (50.8%) | |
| | やや苦しい | 31 (49.2%) | 24 (38.1%) | |
| | 非常に苦しい | 5 (7.9%) | 3 (4.8%) | |

DB 法, ダグラスバッグ法; BB 法, プレス・バイ・プレス法

*McNemar test

表4 測定実施に関する質問紙調査結果（測定者の立場から）

| | | DB 法 | BB 法 | <i>P</i> * |
|------------------------|--------|------------|------------|------------|
| 装着の簡便性 | 非常に簡単 | 2 (3.2%) | 26 (41.3%) | <0.001 |
| | やや簡単 | 18 (28.6%) | 30 (47.6%) | |
| | やや難しい | 41 (65.1%) | 7 (11.1%) | |
| 測定の簡便性 | 非常に難しい | 2 (3.2%) | 0 (0.0%) | <0.001 |
| | 非常に簡単 | 4 (6.3%) | 23 (36.5%) | |
| | やや簡単 | 22 (34.9%) | 28 (44.4%) | |
| | やや難しい | 36 (57.1%) | 12 (19.0%) | |
| 実施可能性 (備品の管理) | 非常に難しい | 1 (1.6%) | 0 (0.0%) | 0.064 |
| | 可能 | 19 (30.2%) | 27 (42.9%) | |
| | ある程度可能 | 22 (34.9%) | 24 (38.1%) | |
| | やや難しい | 21 (33.3%) | 12 (19.0%) | |
| 実施可能性 (管理栄養士単独での測定) | 不可能 | 1 (1.6%) | 0 (0.0%) | 0.503 |
| | 可能 | 19 (30.2%) | 26 (41.3%) | |
| | ある程度可能 | 26 (41.3%) | 15 (23.8%) | |
| | やや難しい | 18 (28.6%) | 21 (33.3%) | |
| | 不可能 | 0 (0.0%) | 1 (1.6%) | |

*McNemar test

ると、山村らのメタアナリシス¹¹⁾では、女性被験者101名において予測値は実測値より $51.9 \pm 104.7\text{kcal}$ 小さかったと報告されている。また、三宅ら¹²⁾によると、18-29歳女性において、予測値は実測値の差は $9 \pm 136\text{kcal}$ であった。本研究で得られた非絶食・座位安静状態でのエネルギー消費量を1.2で除した推定BMRは、DB法では予測値より $88.1 \pm 177.7\text{kcal}$ 、BB法では $138.7 \pm 139.8\text{kcal}$ 大きく、やはり先行研究と比較し推定値との差は大きかった。

本研究における非絶食・座位安静状態でのエネルギー消費量は、食事と座位測定の影響を考慮してもなお過大評価となる要因があったことが示唆される。原因として、本研究での安静条件が不十分であったことがまず考えられる。測定は、昼食摂取から90分以上経過した後に行ったが、昼食以前の行動については特に制限していなかった。さらに、一連の測定は被験者全員が実習室に集まった環境で実施したため、厳密な安静確保はできていなかった。このため、本研究の測定結果と先行研究における安静時エネルギー消費量を比較することには限界がある。また、DB法よりもBB法の測定値が高かった理由として、DB法の測定値は10分間の呼吸の平均値として算出されるのに対し、BB法では一呼吸毎に分析するため、緊張が持続する中で呼吸の乱れが生じた影響をより受けた可能性がある。

個別の測定項目では、DB法、BB法の酸素摂取量

は同程度であったが、BB法では二酸化炭素排泄量が多く、これを受けて呼吸商の平均値は0.90と高い値が観察されていた。比較的測定条件の近似する先行研究¹⁰⁾でも、0.90を超える被験者が報告されていることから、観測値として許容範囲であるとは考えられるものの、DB法との差異からは、一時的な呼吸の乱れが影響した可能性も否定できない。マスクやマウスピースを装着することによる過呼吸は、事前にこれらを付けてのトレーニングを行うことにより防ぐことが可能とされる¹³⁾。本研究の測定条件は、実際の集団健診・保健指導に近い状況であったといえるが、要求される測定精度に応じて実施回数を増やすことが望まれる。

被験者としての機器の装着感、装着・測定の簡便性及び測定者としての装着・測定の簡便性については、いずれもBB法が有意に高評価であった。今回実施したBB法による測定は、ソフトウェアの立ち上げ、呼吸ユニットの組み立て、安静状態確認のための準備測定を含め、一人あたりの測定に要した時間はおおよそ7-8分であった。このうち、実際にマウスピースを咥えている時間は準備測定と本測定で3分程度であることから、測定時間が短いことが測定に伴う被験者・測定者双方の負担感を軽減したのと考えられる。一方で、測定中の呼吸のしやすさには差がみられなかった。マウスピースでは、頭部や顔面への圧迫がない分、楽に感じられると予想していたが、マウスピース

を啜えて口呼吸をするという不慣れな状況に置かれることが、負担感につながった可能性が考えられる。機器の管理、管理栄養士単独での測定を想定した実施可能性については、「可能」もしくは「ある程度可能」と回答をした者が半数以上であったことから、保健指導等の一般的なフィールドで実施できる可能性はあると考えられる。数時間の食事間隔の中で、静かに座って休息する状況は、日常生活下ではごく自然にかつ頻繁に起こると考えられ、これに近い条件下でのエネルギー消費量を知ることは、被験者にとってはエネルギー消費量の個人差を体感し、身体活動量増加の動機付けとなることが期待される。

今後、測定法については安静時エネルギー消費量の変動要因としての体格や体組成を考慮することや、属性の異なる集団における受け入れやすさについて詳細な検証が必要である。

5. まとめ

本研究は、近年のブレス・バイ・ブレス方式の間接熱量計を用いた日常生活下の安静時エネルギー消費量測定について検討した。本研究対象者においては、ブレス・バイ・ブレス法による 2 分程度の簡易測定は、非絶食・座位安静状態でのエネルギー消費量を過大評価するものの、個人の基礎代謝量にある程度反映することが示唆された。測定実施の簡便性や被測定者の快適さにおいては、ダグラスバッグ法よりも好まれていた。

謝辞

ブレス・バイ・ブレス法による測定に際し、グローバルマイクロナクス株式会社のご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

本研究の一部は、第 12 回アジア栄養学会議（2015 年 5 月 14 ～ 18 日）で報告した。

引用文献

- 1) 厚生労働省：「日本人の食事摂取基準（2015 年版）策定検討会」報告書（2014）
- 2) 厚生労働省：標準的な健診・保健指導プログラム（改訂版）http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/kenkou/seikatsu/dl/hoken-program1.pdf
- 3) 日本栄養改善学会：「管理栄養士養成課程におけるモデルコアカリキュラム 2015」の提案 <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf>
- 4) Hausswirth C, Bigard AX, Le Chevalier JM: The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *International journal of sports medicine*, 18, 449-453 (1997)
- 5) King GA, McLaughlin JE, Howley ET, Bassett DR, Jr., Ainsworth BE: Validation of Aerosport KB1-C portable metabolic system. *International journal of sports medicine*, 20, 304-308 (1999)
- 6) Nieman DC, Trone GA, Austin MD: A new handheld device for measuring resting metabolic rate and oxygen consumption. *Journal of the American Dietetic Association*, 103, 588-592 (2003)
- 7) 杉山みち子、三橋扶佐子、細谷憲政、加藤昌彦、森脇久隆、家森幸男、空閑佐智子、井川正治、坂牧美歌子、田村俊世、一関紀子、橋本勲、中村丁次：携帯用簡易熱量計を用いた安静時エネルギー消費量の測定に関する研究、栄養－評価と治療、18、423-431（2001）
- 8) Weir JB: New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The Journal of physiology*, 109, 1-9 (1949)
- 9) Aeroman Medical User Guide Version 07/2012.
- 10) 野村秀子：安静代謝量に関する研究、労働科学、43、526-530（1967）
- 11) 山村千晶、柏崎浩：早朝空腹時安静代謝量の変動要因公表された個人別測定値の再検討より、栄養学雑誌、60、75-83（2002）
- 12) Miyake R, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Hikiyama Y, Taguri E, Kayashita J, Tabata I: Validity of predictive equations for basal metabolic rate in Japanese adults. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 57, 224-232 (2011)
- 13) 田村俊世：【間接熱量計を用いた栄養管理】間接熱量計について、静脈経腸栄養、27、1297-1302（2012）